ПАРАЗИТОЛОГИЯ, 48, 6, 2014

УДК 632.651

АНАЛИЗ КЛИМАТИЧЕСКИХ И БИОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ДЛЯ МОДЕЛИ ОЦЕНКИ РИСКА РАСПРОСТРАНЕНИЯ СТВОЛОВЫХ НЕМАТОД BURSAPHELENCHUS SPP. И DEVIBURSAPHELENCHUS TERATOSPICULARIS (RHABDITIDA: APHELENCHOIDEA)

© А. Ю. Рысс,[1] М. В. Мокроусов[2]

[1] Зоологический институт РАН
Университетская наб., 1, С.-Петербург, 199034
E-mail: nema@zin.ru
[2] Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского
ул. Ботанический сад, 1, Нижний Новгород, 603062

Поступила 08.10.2014

По результатам обследования в августе 2014 г. очагов поражения леса на территории Нижегородской обл. проанализированы параметры предикативной модели, описывающей распространение 6 видов микотрофных фитопатогенных стволовых нематод рода *Bursaphelenchus* и вида *Devibursaphelenchus teratospicularis*. Исследовались следующие 6 параметров: вид растения, вид переносчика, показатели средней температуры июля и января, а также годовой суммы осадков. Сделан вывод о том, что эти параметры соответствуют ранее опубликованным данным по очагам вилта древесных хозяев, известных для тех же видов нематод. Высказано предположение, что сумма осадков, не превышающая 600 мм/г., а также средняя температура июля 25 °С и выше служат критическим сочетанием для распространения вилта лесных и парковых деревьев. Эти показатели следует учитывать в мониторинге и использовать для построения предикативной модели данного заболевания растений.

Ключевые слова: микотрофные фитонематоды, *Bursaphelenchus*, *Devibursaphelenchus*, Cerambycidae, Curculionidae, изменения климата, моделирование риска лесных инфекций, Поволжье.

Стволовые нематоды рода *Bursaphelenchus* Fuchs, 1937 постоянно находятся в центре внимания лесных фитоиатологов. Наиболее опасными видами служат в лесной зоне патоген различных видов сосен рода *Pinus* — нематода *Bursaphelenchus xylophilus* (Steiner et Buhrer, 1934) Nickle, 1970, а в тропиках патоген пальмы *Cocos nucifera* L. — нематода *B. cocophilus* (Cobb, 1919) Baujard, 1989 (Ryss et al., 2005). После аномальной жары и засухи 2010 г. отмечается увеличение территорий лесной зоны России, на которых деревья поражаются афеленхоидидами. В отличие от вышеуказанных карантинных видов патогенность других видов нематод рода *Bur-*

saphelenchus экспериментально не изучена. Их распространение на территории России не имеет географической привязки, поскольку ранее их находили в основном в экспортных партиях лесоматериалов (Braasch et al., 2001).

Цель данной публикации — установить связь мест новых находок видов рода *Bursaphelenchus* с климатическими и биологическими параметрами. Актуальность настоящего анализа обусловлена тенденциями к потеплению климата и продвижению многих патогенных организмов южного происхождения на север (Logan et al., 2003; Woods et al., 2010).

Следует отметить, что для реализации жизненного цикла нематод бурсафеленхов необходимы и их жуки-переносчики из семейств долгоносиков (Curculionidae) или усачей (Cerambycidae), и источник их питания — грибы древесной синевы рода *Ophiostoma*. Кроме того, успешное прохождение жизненного цикла бурсафеленхов зависит и от бактерий — симбионтов из родов *Pseudomonas*, *Burkholderia* и *Bacillus* (Zhao, Lin, 2005; Рысс, 2009; Ryss et al., 2011).

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Материалом для исследований послужили находки нескольких видов нематод — бурсафеленхов на территории Нижегородской обл. в августе 2014 г. 224 образца древесины были взяты на исследование в тех очагах вилта, где присутствовали четко выраженные симптомы этой болезни и летные отверстия жуков — переносчиков инфекции. Экстракцию и изготовление препаратов производили по стандартной методике в модификации первого автора (Ryss, 2003). Полученные изоляты хранятся в Зоологическом институте РАН (ЗИН РАН) в виде коллекционных препаратови живых культур на грибе *Botrytis cinerea* Pers. Они сопоставлены с изолятами этих же видов, ранее собранных в других регионах мира, с целью выявления параметров, необходимых для построения предикативных моделей динамики распространения нематод — вредителей лесов и парков на территории России.

Информация о показателях средней температуры самого жаркого (июль) и самого холодного (январь) месяцев, а также о сумме годовых осадков в местах обнаружения данных видов нематод взята с сайтов: http: //nnov.nuipogoda.ru/archive.html?date; http: //www.samsamwater.com/climate//index.php; http://www.pogodaonline.ru/ и из публикации Нью и др. (New et al., 2002). Данные о других местах находок бурсафеленхов подчерпнуты из публикаций, а также карты распространения видов сем. сосновых в сводке Циртчфилда и Литтла (Cirtchfield et Little, 1966).

РЕЗУЛЬТАТЫ

Результаты исследования обобщены в таблице (см. таблицу). Для ряда представителей нематод подсем. Parasitaphelenchinae — 6 видов рода *Bursaphelenchus* и другой близкой к ним патогенной нематоды *Devibursaphelenchus teratospicularis* (Kakuliya et Devdariani, 1965) Braasch, 2009 приве-

Находки *Bursaphelenchus* spp. и *Devibursaphelenchus teratospicularis* в Нижегородской обл. (оригинал) и других регионах (по литературным данным)

Records of *Bursaphelenchus* spp. и *Devibursaphelenchus teratospicularis* in Volga region (orig.) and according to the literature data

Вид нематод	Вид растения-хозяина	Вид переносчика	Места находок*	Средняя температура июля (°C)	Средняя температура января (°C)	Осадки мм/г.
B. mucronatus Mamyia et Enda, 1979	*Pinus sylvestris*	*Monochamus galloprovincialis*	57°09.372′ N, 45°16.058′ E	25	–8	576
B. mucronatus	То же	То же	57°22.973′ N, 45°40.657′ E	25	–8	616
B. mucronatus (1)	*Cedrus deodara, Larix decidua, L. sibirica, Picea abies, Pinus elliotti, P. armandii, P. brutia, P. densiflora, P. halepensis, P. koraiensis, P. massoniana, P. nigra, P. pentaphylla, P. pinaster, P. rigida, P. serotina, P. strobus, P. sylvestris, P. taeda, P. taiwanensis, P. thunbergii, P. yunnanensis*	*M. alternatus, M. galloprovincialis, M. saltuarius*	Дальний Восток Азии, Сибирь, Европа, Ближний Восток	15—32	–12—+6	541—1068
B. sexdentati	*Pinus sylvestris*	*Ips sexdentatus*	55°18.927′ N, 42°12.841′ E	25	–8	574
B. sexdentati	» »	» »	56°41.472′ N, 44°11.240′ E	25	–8	588
B. sexdentati (2)	» »	*Ips sexdentatus, Tomicus piniperda*	Германия	26	5	680
B. sexdentat ı(3)	*Pinus pinaster, P. pinea, P. sylvestris, Abies alba*	?	Испания	26	8	626
B. sexdentati (4)	*Pinus brutia, P. nigra, P. pinaster, P. halepensis, P. radiata*	?	Греция	30	9	588

B. incurvus Ruhm, 1956	*Pinus sylvestris*	*Dendroctonus micans*	57°09.395′ N, 45°16.614′ E	25	–8	616
B. incurvus (5)	*Pinus pungens, Abies alba, Picea excelsa, P. sitchensis, P. breweriana*	» »	Германия	26	5	680
B. incurvus (6)	*Pinus sylvestris, Abies* sp., *Picea orientalis*	» »	Грузия	26	3	768
B. eremus Rühm, 1956	*Quercus robur*	*Scolytus intricatus*	56°11.902′ N, 43°45.737′ E	25	–8	566
B. eremus (7)	?	То же	Германия	26	5	680
B. eremus (8)	*Quercus iberica, Q. pedunculata, Q. sessiliflora*	» »	Грузия	27	8	611
B. sychnus Rühm, 1956	*Quercus robur*	*Vespa crabro?*	56°11.929′ N, 43°45.679′ E	25	–8	566
B. sychnus (9)	*Quercus pedunculata*	?	Германия	26	5	680
B. fraudulentus Rühm, 1956	*Betula pendula*	*Monochamus urussovi*	55°14.254′ N, 42°34.320′ E	25	–8	574
B. fraudulentus (10)	*Populus nigra, P. tremula*	*Cerambyx scopolii*	Германия	26	5	680
B. fraudulentus (11)	*Betula pendula*	?	»	26	5	680
Devibursaphelenchus teratospicularis	*Pinus sylvestris*	*Tomicus piniperda*	55°19.096′ N, 42°12.739′ E	25	–8	574
D. teratospicularis (12)	*Pinus nigra*	*Tomicus minor*	Грузия	32	8	562
D. teratospicularis (13)	*Pinus pinaster*	?	Португалия	28	13	567

Примечание. * — для мест находок в Нижегородской обл. приведены широта и долгота, для остальных — страна находки. Авторы цитируемых публикаций: 1) Ryss et al., 2005 (обзор); 2) Rühm, 1960; Braasch et al., 1999; 3) Escuer et al., 2004a, b; 4) Michalopoulos-Skarmoutsos et al., 2004; 5) Rühm, 1956; 6) Курашвили и др., 1980; 7) Rühm, 1956; 8) Курашвили и др., 1980; 9) Rühm, 1956; 10) Rühm, 1956;11) Braasch et al., 1995; 12) Какулия, Девдариани, 1965; 13) Penas et al., 2002, 2004.

дены названия хозяев (древесных растений), жуков-переносчиков и места находок. Для мест находок приведены средние температуры наиболее жаркого и наиболее холодного месяцев (июля и января соответственно), а также годовая сумма осадков.

ОБСУЖДЕНИЕ

Ранее была предпринята попытка моделирования угрозы распространения *Bursaphelenchus xylophilus* по 3 параметрам — наличию неимунного хозяина, показателям средней температуры июля и годового количества осадков (Braasch, Enzian, 2004). Данная работа подтвердила важность для распространения вида фитонематоды связи между родовой принадлежностью насекомого-переносчика и растения-хозяина. Большое значение для распространения вида фитонематоды имеют также показатели температуры и влажности. Учет этих факторов в совокупности обусловливает необходимость построения многомерной модели рисков заражения растения-хозяина конкретным видом нематод. Для найденных нами видов нематод очевидна бóльшая приуроченность к роду или виду переносчика, чем к виду растения-хозяина. По отношению к растению-хозяину приуроченность шире — от рода до семейства. Наиболее широкую специфичность демонстрирует *B. fraudulentus* Ruhm, 1956: специфичность к переносчику остается на уровне семейства усачей в целом, а круг видов-хозяев ограничен лиственными деревьями одной экологической группы. Все обнаруженные виды рода *Bursaphelenchus* распространены только в неаридных районах с умеренным увлажнением, о чем можно судить по результатам анализа годовой суммы осадков.

Ранее для карантинного вида *B. xylophilus* в Европе был сделан вывод о критическом сочетании влажности (менее 600 мм /г.) и средней температуры наиболее жаркого месяца (25 °С и более). Как видно из нашей таблицы, это критическое сочетание важно для всех видов нематод, обнаруженных в Нижегородской обл. Это обусловливает необходимость дальнейших тщательных экспериментальных тестов на патогенность местных видов бурсафеленхов, которые следует осуществить в закрытых теплицах при указанном сочетании показателей температуры и влажности.

Из наиболее теплолюбивых видов нематод в Нижегородской обл. обнаружены *B. sexdentati* Rühm, 1960 и *Devibursaphelenchus teratospicularis*. Можно предположить, что их недавнее проникновение вместе с жуками-переносчиками из более южных регионов в Нижегородскую обл. обусловлено аномальным повышением летних температур на 7 °С. Указанные 6 параметров дают возможность построить многомерную модель динамики распространения видов и предсказать возможность возникновения новых очагов вилта древесных растений в лесах и парках на территории России.

БЛАГОДАРНОСТИ

Исследование выполнено за счет гранта Российского Научного фонда (проект № 14-14-00621).

Авторы сердечно благодарят и. о. директора ФГБУ Нижегородский референтный центр Россельхознадзора Андрея Леонидовича Новосадова и других сотрудников центра за всестороннюю помощь в сборе материалов в очагах выпадения леса.

Список литературы

Какулия Г. А., Девдариани Т. Г. 1965. Новый вид нематод *Bursaphelenchus teratospicularis* Kakulia et Devdariani, sp. nov. (Nematoda: Aphelenchoidea). Бюл. Академии наук Грузинской ССР. 38: 187—191.

Курашвили Б. Е., Какулия Г. А., Девдариани Т. Г. 1980. Паразитические нематоды короедов Грузии. Тбилиси: Мецнереба. 172 с.

Рысс А. Ю. 2009. Пути становления паразитизма у фитонематод отрядов Tylenchida и Aphelenchida. Тр. Зоол. ин-та РАН. 313 (3): 257—272.

Braasch H., Enzian S. 2004. The pine wood nematode problem in Europe — present situation and outlook. In: M. Mota, P. Vieira (eds.). The pinewood nematode, *Bursaphelenchus xylophilus*, proceedings of an international workshop, 20—22.08.2001. Nematology monographs and perspectives.1: 77—91.

Braasch H., Metge K., Burgermeister W. 1999. *Bursaphelenchus*-Arten (Nematoda, Parasitaphelenchidae) in Nadelgehölzen in Deutschland und ihre ITS-RFLP-Muster. Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes. 51: 312—320.

Braasch H., Tomiczek C., Metge K., Hoyer U., Burgermeister W., Wulfert I., Shonefeld U. 2001b. Records of *Bursaphelenchus* spp. (Nematoda, Parasitaphelenchidae) in coniferous timber imported from the Asian part of Russia. Forest Pathology. 31: 129—140.

Braasch H., Burgermeister W., Pastrik K. 1995. Differentiation of three *Bursaphelenchus* species by means of RAPD-PCR. Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes. 47: 310—314.

Critchfield W. B., Little E. L. 1966. Geographic distribution of the pines of the world. Washington, D. C., U. S. Dept. of Agriculture, Forest Service. 991: 97 p.

Escuer M., Arias M., Bello A. 2002. Nematodes associated with coniferous woods in Spain. Nematology. 4: 265. [Abstr.].

Escuer M., Arias M., Bello A. 2004a. Occurrence of the genus *Bursaphelenchus* Fuchs, 1937 (Nematoda: Aphelenchida) in Spanish conifer forests. Nematology. 6: 155—156.

Escuer M., Arias M., Bello A. 2004b. The genus *Bursaphelenchus* (Nematoda) in Spain. In: M. Mota, P. Vieira (eds). The pinewood nematode, *Bursaphelenchus xylophilus*. Proceedings of an International Workshop. University of Évora, Portugal, August 20—22, 2001. Nematology Monographs and Perspectives. 1: 93—99.

Logan J. A., Regniere J., Powell J. A. 2003. Assessing the impacts of global warming on forest pest dynamics. Frontiers in Ecology and the Environment. 1 (3):130—137.

Michalopoulos-Skarmoutsos H., Skarmoutsos G., Kalapanida M., Karageorgos A. 2004. In: M. Mota, P. Vieira (eds). Surveying and recording of nematodes of the genus *Bursaphelenchus* in conifer forests in Greece and pathogenicity of the most important species. Proceedings of an International Workshop. University of Évora, Portugal, August 20—22, 2001. Nematology Monographs and Perspectives. 1: 113—126.

New M., Lister D., Hulme M., Makin I. 2002: A high-resolution data set of surface climate over global land areas. Climate Research. 21:1—25.

Penas A. C., Bravo M. A., Pires J., Mota M. 2002. *Bursaphelenchus* species found in maritime pine in Portugal. Nematology. 4: 473. [Abstr.].

Penas A. C., Correia P., Bravo M. A. 2004. Species of *Bursaphelenchus* Fuchs, 1937 (Nematoda: Parasitaphelenchidae) associated with maritime pine in Portugal. Nematology. 6: 437—453.

Rühm W. 1956. Die Nematoden der Ipiden. Parasitologische Schriftenreihe. 6: 1—435.

Rühm W. 1960. Ein Beitrag zur Nomenklatur und Systematik einiger mit Scolytiden vergesellschafteter Nematodenarten. Zoologischer Anzeiger. 164: 201—213.

Ryss A. Y. 2003. Express technique to prepare permanent collection slides of nematodes. Zoosystematica Rossica. 11(2): 257—260.

Ryss A., Kulinich O., Turitsin V., Mazurin E. 2011. Mutualistic nematode-bacteria complexes associated with insects. Entomological Review. 91(7): 908—914.

Ryss A., Vieira P., Mota M., Kulinich O. 2005. A synopsis of the genus *Bursaphelenchus* Fuchs, 1937 (Aphelenchida: Parasitaphelenchidae) with keys to species. Nematology. 7(3): 393—458.

Woods A. J., Heppner D., Kope H. H., Burleigh J., Maclauchlan L. 2010. Forest health and climate change: A British Columbia perspective. The Forestry Chronicle. 86: 412—422.

Zhao B. G., Lin F. 2005. Mutualistic symbiosis between *Bursaphelenchus xylophilus* and bacteria of the genus *Pseudomonas*. Forest Pathology. 29: 339—345.

THE ANALYSIS OF CLIMATIC AND BIOLOGICAL PARAMETERS FOR THE PEST SPREAD RISK MODELLING OF THE WOOD NEMATODE SPECIES BURSAPHELENCHUS SPP. AND DEVIBURSAPHELENCHUS TERATOSPICULARIS (RHABDITIDA: APHELENCHOIDEA)

A. Y. Ryss, M. V. Mokrousov

Key words: mycophagous phytonematodes, *Bursaphelenchus*, *Devibursaphelenchus*, Cerambycidae, Curculionidae, climate change, pest distribution risk modelling, Volga region, Povolzh'e.

SUMMARY

Based on the forest woody species wilt areassurvey in Nizhniy Novgorod region in August 2014, the possible factors of the pest spread risk modelling were analysed on six species of the genus *Bursaphelenchus* and *Devibursaphelenchus teratospicularis* using six parameters: plant host species, beetle vector species, average temperatures in July and January, annual precipitation. It was concluded that these parameters in the evaluated wilt spots correspond to climatic and biological data of the already published woody plants wilt records in Europe and Asia caused by the same nematode pest species. It was speculated that the annual precipitation of 600 mm and average July temperature of 25 °C or higher, are the critical combination that may be used to develop the predicative risk modelling in the forests' and parks' wilt monitoring.